nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

fluenza di alcuni fra' tubetti dell' ovaia; *i* sbocco delle tube; *k* sbocco del canaletto (condotto del Gartner); *l* addoppiatura peritoneale, che dà ricetto all' ovaia, al parovario, ed alla porzione superiore del condotto del Gartner (che più giù, s'addossa e confonde colla tuba).

Fig. 2. La cloaca incisa per disotto: *a* seno urogenitale; *b* il breve ed angusto condotto che il seno urogenitale congiunge colla cloaca, inciso per disotto: la membrana che ne tappezza le pareti, scorgesi sollevata in rete di sottili e basse piegoline variamente intersecantisi; *c* cloaca; *d* grinze al confine tra la cloaca e il retto; *e* orifici di follicoli maggiori, sparsi quà e là fra quelle; *f* la clitoride estratta alquanto dal seno o canale prepuziale, in cui sta celata; *g* le quattro papille cilindriche nelle quali terminalmente suddividesi.

B. Organi genitali del maschio.

Fig. 3. *a* vescica urinaria; *b b'* ureteri; *c c'* i due orifici di sbocco degli stessi; *d* testicolo; *e* vasi afferenti; *f* epididime; *g* condotto deferente; *h* canaletto (rimasuglio del condotto escretore dei corpi wolfiani, o condotto del Gartner), che in *i* scorre confuso col condotto deferente, in un cordone ad entrambi comune; *k* sbocco del condotto deferente; *l* sbocco del canaletto; *m* addoppiatura peritoneale che riveste il testicolo, l'epididime ed il canaletto gartneriano reciso in *n* : *A A'* epitelio cilindrico che tappezza le pareti del canaletto or ora nominato; *p* grinze paralelle, lungo le quali trovansi disposti nel seno urogenitale *o*, i follicoli semplici e composti *B B'*; *B* doppia fila di follicoli semplici: α) veduti in profilo; α') più per di sotto. *B'* un follicolo con tre rigonfiamenti.

Fig. 4. L' estremità penzolante del pene. *a*) La faccia del taglio:
α α' i corpi cavernosi del pene, separati fra loro dal cilindro muscolare β; dal cilindro muscolare più grosso γ; e dal piccolo setto δ; ε l' arteria dorsale; ζ l' arteria profonda del pene.

b) faccia inferiore del membro; *c* le quattro papille cilindriche in cui terminalmente suddividesi; *d* fossetta fornita di papille alla faccia libera de' cilindri.

Über das Entstehen progressiver Bewegungen durch Verbrauch lebendiger Kraft oscillatorischer Bewegungen.

Von **K. Puschl,**
Capitular des Stiftes Seitenstetten.

In der neuesten Zeit wurde bekanntlich, besonders durch die Versuche von J. P. Joule, die hochwichtige Thatsache festgestellt, dass ein bestimmtes unveränderliches Verhältniss obwaltet zwischen Wärmequantität und mechanischer Arbeitskraft. Der genannte Naturforscher hat nämlich experimentell bewiesen, dass demselben Aufwande von bewegender Kraft, diese mag durch Compression der Gase

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

oder durch Reibung oder durch magnet-elektrische Erregung eines elektrischen Stromes zur Wärmeproduction verwendet werden, ein gleiches Quantum erzeugter Wärme entspricht, während umgekehrt, wenn Wärme als fortbewegende Kraft wirkt, wie z. B. bei der Fortschiebung eines Druckes durch Ausdehnung von Gasen, stets eine der geleisteten Arbeit proportionale Wärmemenge consumirt wird und verschwindet. Mechanische Kraft kann also in Wärme, Wärme in mechanische Kraft umgesetzt werden und eine gegebene Quantität Wärme ist einer bestimmten Arbeitskraft äquivalent. Dieser unmittelbar der Erfahrung entnommene und auch durch theoretische Untersuchungen, besonders von Clausius, mehrfach erprobte Satz hat bereits eine sehr verbreitete Anerkennung gefunden und es spricht sich die Würdigung der unermesslichen Wichtigkeit desselben für alle Zweige der Naturforschung vorzüglich auch in dem Antrage aus, worin die genauere Ermittelung des mechanischen Äquivalentes der Wärme im vorigen Jahre der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften von einem berühmten Mitgliede derselben als Preisaufgabe vorgeschlagen wurde.

Wenn nun aber feststeht, dass Wärme erzeugt wird durch mechanische Kraft, so ist evident, dass dieselbe nicht eine Substanz sei, die durch ihr blosses Vorhandensein die Wärme-Erscheinungen bedingt, sondern dass sie in einer Bewegung bestehe, welche in der wärmeenthaltenden Materie vor sich geht und offenbar keine progressive, sondern nur eine oscillatorische Bewegung, ein Vibriren materieller Theilchen um eine Lage stabilen Gleichgewichtes sein kann. Besteht aber die Wärme in einer wie immer gearteten oscillatorischen Bewegung, so kann die fortbewegende Kraft, als welche in Wirklichkeit die Wärme auftritt, nur ein Resultat eben jener oscillatorischen Bewegung sein, welche das Wesen der Wärme ausmacht, jene oscillatorische Bewegung muss also im Stande sein, progressive Bewegungen zu erzeugen, und weil die Wärme verschwindet, soweit sie als bewegende Kraft mechanische Arbeit verrichtet, so muss auch die entsprechende oscillatorische Bewegung verschwinden in dem Maasse, als sie progressive Bewegung hervorbringt. Es sei m die Masse, welche durch Verbrauch einer gewissen Wärmequantität q auf die Höhe h gehoben wird, und g die Intensität der Schwere, so ist mgh die dadurch gewonnene und jener Wärmemenge äquivalente Arbeitsgrösse; man kann daher setzen: $q = mgh$. Um senkrecht frei zu

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

derselben Höhe emporzusteigen, braucht die Masse m die Anfangsgeschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$; es ist also $mgh = \frac{1}{2}mv^2$; an die Stelle des Masses der Arbeitsgrösse mgh und folglich für die äquivalente Wärmemenge q kann daher die lebendige Kraft $\frac{1}{2}mv^2$ gesetzt werden. Versteht man nun unter Wärmequantität die lebendige Kraft der entsprechenden oscillatorischen Bewegung, so sagt der Satz von dem Kraft-Äquivalente der Wärme nichts anderes, als dass die lebendige Kraft einer oscillatorischen Bewegung äquivalent ist der lebendigen Kraft der daraus erzeugten Translationsbewegung. Dass von diesen beiden Arten der Bewegung durch Übertragung lebendiger Kraft die eine in die andere umgesetzt werden könne, ist schon an und für sich keineswegs unwahrscheinlich; gegenüber so unzweideutig sprechenden Thatsachen aber, wie die Wärme-Erscheinungen sind, kann es nur als dringend geboten erscheinen, näher auf die Frage einzugehen, wie ein solcher Vorgang zu denken sei und auf welche mechanischen Gesetze er sich gründe. Ich werde daher in dem gegenwärtigen Vortrage im Allgemeinen darzuthun versuchen, dass wirklich unter gewissen Umständen aus einer oscillatorischen eine progressive Bewegung nach bestimmten Gesetzen hervorgehe; dabei aber, um den Schein des Hypothetischen so viel als möglich zu vermeiden, jede Anwendung auf die Erklärung von Naturerscheinungen bei Seite lassen.

Die beiden Gesetze, welche ich für die einfachsten Fälle undulatorischer Bewegung ableiten werde, bilden die Grundlage einer von mir vor mehreren Monaten veröffentlichten Theorie der Naturkräfte, welcher bereits früher einmal die Ehre einer nicht ungünstigen Besprechung vor der hochverehrten Classe zu Theil geworden war. Ich erlaube mir daraus nur zu bemerken, dass, dieser Theorie zufolge, der Fall eines Überganges lebendiger Kraft oscillatorischer Bewegung in lebendiger Kraft einer progressiven Bewegung keineswegs ein auf die Wärme-Erscheinungen beschränkter Vorgang sei, der sonst in der Natur nicht mehr seines Gleichen habe; (so dass etwa bloss jene Bewegungen, welche durch die Wärme erzeugt werden, einen äquivalenten Verbrauch lebendiger Kraft fordern, andere Bewegungen aber, z. B. die eines zur Erde fallenden Körpers, ohne irgend einen Verbrauch lebendiger Kraft entstehen sollten); sondern dass auch die übrigen aus bisher unbekannten Ursachen hervorgehenden Bewegungen in der Natur auf den nämlichen Ursprung zurückgeführt

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

und namentlich die Wirkungen der Gravitation, der Cohäsion, der elektrischen, magnetischen und elektro-magnetischen Kräfte abgeleitet werden können aus sehr kleinen Bewegungen allverbreiteter Stoffe, aus rein mechanischen Vorgängen der Übertragung und Erhaltung lebendiger Kraft. Als höchstes Princip der Natur stellt sich demgemäss der Satz dar, welcher zugleich die Bedingung ihrer Begreiflichkeit in sich schliesst, nämlich: dass die Quantität der lebendigen Kraft in der Natur unveränderlich ist wie die Quantität der Materie. Zerlegt man nämlich das Weltall in seine Elemente, bezeichnet man durch m die Quantität der Materie in irgend einem dieser Elemente und durch v die Geschwindigkeit desselben in einem bestimmten Augenblicke, so ist für alle Zeiten $S(mv^2) = C$, wo das Summenzeichen S gleichzeitig auf sämmtliche Elemente der Natur zu beziehen und unter C eine unveränderliche Grösse zu verstehen ist. Dieser Gleichung gemäss stehen alle Naturerscheinungen und Kräfte im Verhältnisse gegenseitiger Abhängigkeit, alle sind unter einander in gewissem Sinne äquivalent und das Verhältniss von Wärme und mechanischer Arbeit erscheint sofort als Ausfluss eines allgemeinen Princips. Damit also ein Körper oder ein beliebiges System materieller Punkte an lebendiger Kraft zunehmen könne, muss ihm solche anderswoher zugeführt, damit die lebendige Kraft desselben abnehme, muss davon anderswohin abgegeben werden; nie kann irgendwo eine Vermehrung lebendiger Kraft eintreten, ohne dass derselben anderswo eine gleich grosse Verminderung entspricht und umgekehrt. Wesentlich zu demselben Resultate gelangt Helmholtz in einer von ihm veröffentlichten Abhandlung: „Über die Erhaltung der Kraft." Unter der Voraussetzung nämlich, dass alle Wirkungen in der Natur zurückzuführen seien auf anziehende und abstossende Kräfte, deren Intensität nur von der Entfernung der auf einander wirkenden Punkte abhängt, deducirt Helmholtz folgenden Satz: „In allen Fällen der Bewegung materieller Punkte ist der Verlust an Quantität der Spannkraft stets gleich dem Gewinn an lebendiger Kraft und der Gewinn der erstern dem Verluste der letzteren," oder kurz: „die Summe der vorhandenen lebendigen und Spannkräfte ist constant." Dieser Satz, welchen der Verfasser das Princip der Erhaltung der Kraft nennt, ist mit dem aus meiner Theorie hervorgehenden, dass die Quantität der lebendigen Kräfte selbst constant ist, identisch; denn, was Helmholtz unter Quantität der Spannkräfte eines Systems materieller Punkte versteht,

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

ist meiner Theorie zufolge nichts anderes als eine Summe lebendiger Kräfte, welche sowohl auf die Vermehrung der lebendigen Kraft jenes Systems verbraucht, als auch durch Verminderung derselben wieder zurückerhalten werden kann.

Die oben erwähnten Fundamentalsätze über die Entstehung progressiver Bewegungen aus oscillatorischen ergeben sich sehr einfach aus der Betrachtung des Verhaltens eines in stabilem Gleichgewichte befindlichen Mediums bei der Fortpflanzung einer ebenen Welle. Geschehen die Schwingungen senkrecht auf die Richtung der Bewegungsfortpflanzung, so werden jene Theilchen, welche im Zustande der Ruhe in einer in jene Richtung fallenden geraden Linie lagen, während ihrer Theilnahme an der Schwingungsbewegung sich zwischen den nämlichen Grenzen in einer krummen, also längeren, Linie befinden; sie müssen daher weiter aus einander gerückt sein. Nimmt man die erwähnte Gerade zur Axe der x in einem rechtwinkeligen Coordinatensysteme, wobei die Abstände der schwingenden Theilchen von ihren Gleichgewichtslagen als Ordinaten erscheinen, so ist bekanntlich die Gleichung der Linie, welche dieselben in einer bestimmten Zeit t darstellen:

$$1) \qquad y = a \sin. \frac{2\pi}{\lambda}(x + \gamma t)$$

wenn a die Schwingungsweite, λ die Wellenlänge und γ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bedeutet. Ist nun ds ein unendlich kleines Stück dieser Linie, so hat man $ds = dx\sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$; folglich

$$ds = dx\left[1 + \frac{4\pi^2 a^2}{\lambda^2} \cos^2 \frac{2\pi}{\lambda}(x+\gamma t)\right]^{\frac{1}{2}}$$

oder mit Vernachlässigung der vierten und höhern Potenzen von a,

$$ds = dx\left[1 + \frac{2\pi^2 a^2}{\lambda^2} \cos^2 \frac{2\pi}{\lambda}(x+\gamma t)\right].$$

Es ergibt sich demnach für die Verdünnung $\delta = \frac{ds-dx}{dx}$, welche in der Richtung des Elementes ds und folglich wegen der Kleinheit von $\frac{a^2}{\lambda^2}$ auch in der Projection desselben auf die Richtung der Wellenbewegung stattfindet, der Ausdruck:

$$2) \qquad \delta = \frac{2\pi^2 a^2}{\lambda^2} \cos^2 \frac{2\pi}{\lambda}(x+\gamma t).$$

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

Man sieht, dass dieser Werth von δ für keinen Werth von x oder t sein Zeichen ändert; es kann daher die Verdünnung in der Richtung der Wellenbewegung nie in eine Verdichtung übergehen. Dieser Zustand nun schreitet mit der transversalen Welle fort, wobei die lebendige Kraft der bewegten Theilchen in einem homogenen Medium stets vollständig auf die zunächst folgenden übergeht und die ersteren zur Ruhe gelangen, wenn nicht eine neue Welle nachrückt. Gelangt aber die betrachtete Welle an die Grenze eines undurchdringlichen Körpertheilchens von verhältnissmässig grosser Masse m, so tritt zwar an der von einem Stücke dieser Welle getroffenen Oberfläche desselben gleichfalls eine entsprechende Verdünnung ein; allein weil das auf diese Fläche stossende Wellenstück nicht wie im homogenen Medium weiter fortgepflanzt, sondern nahezu ganz zurückgeworfen wird, so kann die zunächst an die hintere Fläche von m grenzende Partie des Mediums verhältnissmässig nur sehr wenig affizirt werden; die Dichte und folglich auch die Elasticität des Mediums ist daher verschieden für zwei entgegengesetzte Seiten von m, und eine nothwendige Folge davon ist eine Verschiedenheit des Druckes auf diese zwei Seiten und demnach eine Bewegung in der Richtung des stärkeren Druckes, wenn das Theilchen m frei ist.

Die in der Zeit t auf m wirkende Kraft p kann man offenbar der in der nämlichen Zeit stattfindenden Verdünnung δ proportional setzen; man hat daher

$$3) \qquad p = \frac{a^2\omega}{\lambda^2}\, cos^2 \frac{2\pi}{\lambda}(x+\gamma t)$$

wo ω einen von der Beschaffenheit des Körpertheilchens m abhängigen Factor vorstellt. Da p stets positiv bleibt, so geschieht die Wirkung auf m immer in dem nämlichen, und zwar in dem der Fortpflanzungsrichtung der Welle entgegengesetzten Sinne.

Ist v die Geschwindigkeit, welche der Masse m durch die veränderliche Kraft p am Ende der Zeit t mitgetheilt ist, so hat man, wegen $p = m\frac{dv}{dt}$,

$$\frac{dv}{dt} = \frac{a^2\omega}{\lambda^2 m}\, cos^2 \frac{2\pi}{\lambda}(x+\gamma t),$$

folglich wenn c die Geschwindigkeit bedeutet, welche die ganze Welle der Masse m beizubringen vermag, durch Integration zwischen den gehörigen Grenzen,

$$4) \qquad c = \frac{a^2\omega T}{2\lambda^2 m}$$

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

Ist die betrachtete Welle ein Stück einer sphärischen Welle und bezeichnet man die Schwingungsweite, die in einer nach allen Richtungen gleichförmig sich ausbreitenden Welle mit der Entfernung r vom Erregungsorte im verkehrten Verhältnisse steht, für die Entfernung 1 durch α, so ist $a = \frac{\alpha}{r}$ und somit

$$c = \frac{\alpha^2 \omega T}{2\lambda^2 m r^2}.$$

Nennt man nun P die Stärke des Impulses, welcher der Masse m die Geschwindigkeit c zu ertheilen vermag, so hat man $P = mc$, mithin

$$5) \qquad P = \frac{\alpha^2 \omega T}{2\lambda^2 r^2}.$$

Die Wirkung einer transversalen Welle auf ein von ihr getroffenes isolirtes Körpertheilchen ist daher einem in der Richtung gegen ihren Mittelpunkt auf dasselbe ausgeübten Impulse äquivalent, dessen Intensität dem Quadrate der Entfernung von jenem Punkte verkehrt proportional ist.

Der Erregungsort einer ununterbrochenen Folge solcher Wellen muss demnach auf ein in der Distanz r befindliches Körpertheilchen die Anziehung

$$6) \qquad K = \frac{\alpha^2 \omega}{2\lambda^2 r^2}$$

ausüben.

Dieses Resultat hat sich ergeben, ohne dass es nöthig war, irgend eine neue Hypothese zu Hülfe zu nehmen. Gibt es in der Natur ein Medium, welches geeignet ist, transversale Schwingungen fortzupflanzen und gibt es in diesem Medium Massentheilchen, wovon solche Schwingungen ausgehen und wechselseitig einander zugeschickt werden, so ist ohne alle weitere Voraussetzung eine nothwendige Folge das Stattfinden der eben gefundenen Anziehung zwischen denselben, wobei nur noch gefragt werden kann, bei welchen Naturerscheinungen diese Kraft eine merkliche Rolle spielt.

Es ist ferner klar, dass die auf solche Weise entstehende progressive Bewegung dem Verluste an lebendiger Kraft entspricht, welchen die jene Bewegung erzeugenden Wellenstücke erleiden. Denn diese werden keineswegs ungeschwächt an dem getroffenen Körpertheilchen zurückgeworfen, was nur im Falle einer vollkommenen Unbeweglichkeit desselben geschehen könnte; sondern

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

ein gewisser Antheil der lebendigen Kraft jener Wellenstücke wird auf dieses übertragen, folglich der Wellenbewegung des Mediums entzogen oder daraus absorbirt. Die Formel für die Intensität der anziehenden Kraft stellt daher zugleich die lebendige Kraft der absorbirten Wellenantheile dar.

Nimmt man an, dass die Zwischenräume eines Systems materieller Theilchen, z. B. eines Körpers, mit einem zur Fortpflanzung transversaler Vibrationen geeigneten Medium erfüllt seien, so wird eine im Innern des Systems von einem Theilchen desselben in dem vorausgesetzten Medium erregte und darin fortschreitende Welle durch Mittheilung lebendiger Kraft an die auf ihrem Wege befindlichen Körpertheilchen eine Schwächung erleiden, während diese selbst in Folge der bewegenden Kraft jener Welle aus ihrer Ruhelage hinaustretend, dann aber vermöge der Molekularkräfte, durch welche sie zusammengehalten werden, wieder dahin zurückkehrend, um ihre ursprünglichen Positionen zu oscilliren anfangen. Ist μ der Antheil lebendiger Kraft, welchen die betrachtete Welle bei ihrem Durchgange durch eine mit ihr concentrische kugelschalenförmige Schichte von der Dicke des Molekularabstandes ρ verliert, so wird die Wirkungsintensität, womit dieselbe bei der $n$ten Schichte anlangt, wobei sie den Weg $r = n\rho$ zurückgelegt hat, ausgedrückt durch

$$\frac{(1-\mu)^{\frac{r}{\rho}-1} i}{r^2},$$

wenn i die Intensität vorstellt, welche im freien Medium in der Entfernung 1 stattfinden würde. Setzt man hier $1-\mu = e^{-a}$, wo e die Basis der natürlichen Logarithmen und a eine positive Constante ist, so kann man dem vorhergehenden Ausdruck die Form geben:

$$\frac{ie^{-a\left(\frac{r}{\rho}-1\right)}}{r^2}.$$

Die Anziehung, welche der Erregungsort der Welle ausübt, wird daher bei wachsender Distanz anfangs ziemlich langsam, zuletzt aber wenn $\frac{r}{\rho}$ schon eine sehr bedeutende Zahl geworden ist, mit grosser Schnelligkeit abnehmen, wobei immerhin $r = n\rho$ noch unmessbar klein sein kann. Dieselbe Ursache also, welche im freien Medium als fernwirkende Kraft erscheint, erstreckt in diesem Falle ihre unmittelbare Wirksamkeit nur bis in unmessbar kleine Distanzen.

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezen

Unmittelbar aus dem zuvor abgeleiteten Satze über die bewegende Kraft transversaler Wellen ergibt sich noch eine andere Wirkung derselben, die ich nur mit einigen Worten berühren will. Es vermag nämlich ein Körpertheilchen nicht bloss dadurch auf andere einzuwirken, dass es denselben selbst Wellen zusendet, sondern auch, indem es die Wirkung anderswoher kommender Wellen aufhebt oder schwächt, sowie etwa, um einen naheliegenden Vergleich anzuwenden, ein Körper nicht bloss Licht aussenden, sondern auch Schatten werfen kann. Stellt man sich z. B. vor, in einem allenthalben mit leuchtenden Punkten erfüllten Raume befinde sich eine undurchsichtige Scheibe, so wird diese auf beiden Seiten und zwar, wenn die leuchtenden Punkte ringsum gleichmässig vertheilt sind, auf jeder Seite gleich stark erleuchtet sein. Denkt man sich aber neben diese Scheibe noch eine andere von gleicher Beschaffenheit gebracht, so ist jeder Punkt auf den einander zugekehrten Flächen derselben im Schatten oder im Halbschatten in Bezug auf die hinter der andern Scheibe liegenden leuchtenden Punkte; die Anzahl dieser von beiden Scheiben wechselseitig einander verdeckten Punkte wird desto grösser, und folglich die gesammte Erleuchtung der gegen einander gekehrten Flächen desto schwächer, je näher die beiden Scheiben an einander rücken, während die Erleuchtung der abgewendeten Flächen keine Veränderung erleidet. Der Äther ist in diesem Falle offenbar auf den zwei entgegengesetzten Seiten der nämlichen Scheibe in verschiedenem Bewegungszustande, folglich von verschiedener Dichte, da nach dem Vorhergehenden die bei transversalen Vibrationen eintretende Verdünnung in der Richtung der Wellenfortpflanzung der lebendigen Kraft derselben proportional ist; es muss daher, weil die Verdünnung auf den von einander abgewendeten Seiten grösser ist, eine wenn auch in dem betrachteten Beispiele nicht merkliche Anregung zur Bewegung stattfinden, vermöge welcher die beiden Scheiben sich von einander zu entfernen trachten. Derselbe Schluss bleibt aber auch dann noch richtig, wenn man statt der undurchsichtigen Scheiben blosse Körpertheilchen und statt der Lichtstrahlen Wärmestrahlen setzt. Als Wirkung transversaler Vibrationen eines Mediums zeigt sich also unter den angegebenen Umständen eine gegenseitige Abstossung materieller Theilchen.

Diese Betrachtung auf die Erklärung der abstossenden oder ausdehnenden Kraft der Wärme anzuwenden, wird zwar nur dann erlaubt

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

sein, wenn angenommen werden darf, dass nicht bloss die strahlende, sondern auch die im Innern der Körper fortgeleitete Wärme auf transversalen Vibrationen des Äthers beruht; dass aber diese Annahme keineswegs unüberwindliche Schwierigkeiten darbiete, sondern mit den Wärme-Erscheinungen sehr gut in Einklang gebracht werden kann, ist auf die umfassendste Weise unlängst von Wilhelmy in Heidelberg gezeigt worden.

Das zweite Fundamentalgesetz, dessen Ableitung hier gegeben werden soll, lautet dahin, dass progressive Bewegungen auch erzeugt werden können durch longitudinale Vibrationen eines Mediums. Da in diesem Falle die Welle aus Verdichtung und Verdünnung in der Richtung der Fortpflanzung besteht, so könnte man ohne genauere Untersuchung meinen, dass die Wirkungen, welche beide Wellentheile auf ein in ihrem Wege befindliches Körpertheilchen ausüben, sich gegenseitig tilgen; allein eine nähere Betrachtung zeigt, dass dies nicht ganz genau der Fall sei.

Es sei δ die Verdichtung des Mediums, welche eine in der Richtung der Abscissenaxe fortschreitende Longitudinal-Welle an der von ihr getroffenen Oberfläche eines Körpertheilchens von verhältnissmässig grosser Masse m hervorbringt, so hat man

$$1) \qquad \delta = \frac{2\pi a}{\lambda} \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x + \gamma t),$$

wenn wieder a die entsprechende Schwingungsweite, λ die Wellenlänge, γ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und t die Zeit bedeutet. Man erhält daher aus dem bereits oben angeführten Grunde für die auf m wirkende Kraft den Ausdruck

$$2) \qquad q = \frac{2\pi a \omega}{\lambda} \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x + \gamma t),$$

wenn ω einen von der Beschaffenheit von m abhängigen Factor vorstellt. Hat dieses Theilchen nach Verlauf der Zeit t die Geschwindigkeit v erlangt, so ist $dv = \frac{q dt}{m}$, daher

$$dv = \frac{2\pi a \omega}{\lambda m} \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x + \gamma t)\, dt.$$

Befand sich m im Anfange der Verdichtung oder für $\sin \frac{2\pi}{\lambda}(x + \gamma t) = o$ in Ruhe, so ist die Geschwindigkeit, welche

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

dasselbe am Ende der Verdichtung, also nach Verlauf der Zeit $\frac{T}{2}$ oder der halben Dauer einer Schwingung erlangt hat,

$$3) \qquad c = \frac{2a\omega}{\gamma m}$$

und der zurückgelegte Weg

$$4) \qquad \sigma = \frac{a\omega T}{2\gamma m};$$

die Geschwindigkeit ist also dieselbe, als wenn das Körpertheilchen den Impuls $p = \frac{2a\omega}{\gamma}$ in der Richtung der Wellenbewegung empfangen hätte. Ist r die Entfernung des Punktes, wovon die Verdichtung ausging, von dem Theilchen m; und α die Schwingungsweite in der Entfernung 1 vom Erregungsorte, so hat man $a = \frac{\alpha}{r}$, mithin $p = \frac{2\alpha\omega}{\gamma r}$ und $\sigma = \frac{\alpha\omega T}{2\gamma m r}$. Folgt nun auf den verdichteten der verdünnte Wellentheil, so befindet sich im Augenblicke des Anlangens desselben das Theilchen m schon in der Entfernung $r + \frac{\alpha\omega T}{2\gamma m r}$ vom Erregungsorte der Welle.

Bedeutet r' die Entfernung des Theilchens m vom Erregungsorte beim Anfange der Verdünnung, und α wie vorhin die Amplitude in der Distanz 1, so ist die Wirkung der Verdünnung dieselbe, als wenn der Impuls $p' = \frac{2\alpha\omega}{\gamma r'}$ und zwar in dem der Fortpflanzungsrichtung entgegengesetzten Sinne auf m gewirkt hätte; dieses Theilchen befindet sich daher, wenn es beim Anfange der Verdünnung in Ruhe war, am Ende derselben in der Entfernung $r' - \frac{\alpha\omega T}{2\gamma m r'}$ vom Mittelpunkt der Welle.

Die Wirkung der ganzen Welle auf das von ihr getroffene Körpertheilchen lässt sich demnach, wenn ihr verdichteter Theil vorangeht, so ansehen, als wenn demselben zuerst ein Impuls in der Richtung ihres Fortschreitens, und dann nach Verlauf eines bestimmten sehr kleinen Zeittheilchens ein zweiter Impuls im entgegengesetzten Sinne beigebracht würde. Bedeutet σ' den sehr kleinen Weg, den das Körpertheilchen vermöge des zuerst erhaltenen Impulses bis zum Eintritte des zweiten zurücklegt, so ist, wenn die Stärke des ersten dem Vorhergehenden gemäss durch $p = \frac{2\alpha\omega}{\gamma r}$ ausgedrückt wird, die Stärke des zweiten $p' = \frac{2\alpha\omega}{\gamma(r+\sigma')}$, und die Bewegungsgrösse, womit zuletzt das Theilchen m im Sinne des ersten Impulses fortgeht,

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

$p - p' = \frac{2\alpha\omega\sigma'}{\eta r(r+\sigma')}$, oder weil σ gegen r verschwindet, $p - p' = \frac{2\alpha\omega\sigma'}{\eta r^2}$. Für den Weg σ' ergibt sich der Ausdruck $\frac{h\alpha\omega T}{2\eta m r}$, wo h eine von der Einheit nur wenig verschiedene Constante bedeutet; man hat daher

$$5) \qquad p - p' = \frac{h\alpha^2\omega^2 T}{\eta^2 m r^3}$$

Ist hingegen der verdünnte Wellentheil der vorangehende, so erhält das Theilchen m zuerst den Impuls $p = \frac{2\alpha\omega}{\eta r}$ gegen den Mittelpunkt der Welle, und dann, wenn es in dieser Richtung den sehr kleinen Weg σ'' zurückgelegt hat, den zweiten Impuls $p'' = \frac{2\alpha\omega}{\eta(r-\sigma'')}$ in der Richtung der Fortpflanzung der Welle; es ist daher die bewegende Kraft, welche in letzterer Richtung noch übrig bleibt: $p'' - p = \frac{2\alpha\omega\sigma''}{\eta r_2}$. Da aber σ' und σ'' nur um eine verschwindende Grösse von einander verschieden sind, so ist ohne Fehler $\sigma'' = \sigma'$ und folglich

$$6) \qquad p'' - p = \frac{h\alpha^2\omega^2 T}{\eta^2 m r^3}.$$

Die Wirkung einer longitudinalen Welle auf ein von ihr getroffenes ruhendes Körpertheilchen ist daher stets einem in der Richtung ihrer Fortpflanzung auf dasselbe ausgeübten Impulse äquivalent, dessen Intensität dem Kubus des Abstandes jenes Theilchens vom Erregungsorte der Welle verkehrt proportional ist.

Werden solche Wellen im Innern eines Körpers in einem zwischen den Molekeln desselben gelagerten Medium erregt und fortgepflanzt, wobei jede derselben an die von ihr getroffenen Körpertheilchen einen Theil ihrer lebendigen Kraft abgibt, so findet man für die Wirkung, welche eine Welle in der $n$fachen Molekulardistanz $np - r$ auszuüben vermag, einen Ausdruck von der Form

$$\frac{i\, e^{-b\left(\frac{r}{\rho} - 1\right)}}{r^3},$$

wenn i die Intensität der Wirkung im freien Medium in der Distanz 1 bedeutet. Ist daher b nicht gar zu klein, so kann die so entstehende Abstossung zwischen den Theilchen des Körpers schon in unmessbar kleinen Distanzen unmerklich sein.

Unter ähnlichen Umständen, für welche wir oben eine aus transversalen Vibrationen hervorgehende Abstossung gefunden haben; wird aus longitudinalen Schwingungen eine Anziehung entstehen.

nload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezent

Dies sind die einfachsten Fälle von Erzeugung progressiver Bewegungen aus oscillatorischen durch Übertragung lebendiger Kraft. Man kann nicht behaupten, dass die auf dem hier betretenen Wege erlangten Resultate, um als richtig gelten zu können, auch aus den allgemeinen Bewegungsgleichungen hervorgehen sollten, welche der Undulationstheorie des Lichtes zu Grunde liegen; denn diese Gleichungen gelten bekanntlich, weil darin die Quadrate der Verschiebungsdifferenzen vernachlässigt werden, nur für solche Bewegungszustände, wo nahe an einander liegende Theilchen sich nahezu auf gleiche Weise bewegen müssen; mit der Zeit fortwährend wachsende Ortsveränderungs-Differenzen, wie sie sich hier ergeben haben, sind davon aus eben jenem Grunde im Vorhinein ausgeschlossen und es ist daher ganz natürlich, dass sie nicht darin enthalten sind. Könnten die ursprünglichen Differential-Gleichungen ohne Weglassung der Quadrate der Verschiebungs-Differenzen integrirt werden, so würden sich gewiss für die Verschiebungen Ausdrücke ergeben, welche nicht bloss periodische Functionen der Zeit enthalten, sondern auch solche, die mit der Zeit fortwährend wachsen.

Da nun mit dem hier auf elementarem Wege abgeleiteten Gesetzen über die bewegende Kraft der Wellen ein neuer Standpunkt gewonnen sein dürfte für die Betrachtung des Wesens und Ursprungs der Naturkräfte und mir auch kein durch speciell bezeichnete Gründe unterstützter Einwurf gegen dieselben bekannt ist, so glaubte ich diesen gewiss interessanten Gegenstand vor der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe zur Sprache bringen zu dürfen.